

**СОЗДАНИЯ МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ ДЛЯ БОЕВОГО СОСТАВА ЗЕНИТНОГО
РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСА МАЛОЙ ДАЛЬНОСТИ**

**DEVELOPMENT OF MODELS AND OPERATING ALGORITHMS FOR INDIVIDUAL
TRAINING SIMULATORS FOR THE COMBAT CREW OF A SHORT-RANGE
SURFACE-TO-AIR MISSILE SYSTEM**

PhD, доцент Нурметов Бекзот Сабирович

Начальник кафедры Института информационно-коммуникационных технологий и военной связи Республики Узбекистан

Хушнудов Сирожиддин Шавкатович

Начальник цикла Института информационно-коммуникационных технологий и военной связи Республики Узбекистан

Султонов Музаффархон Мубоширхонович

Старший преподаватель Института информационно-коммуникационных технологий и военной связи Республики Узбекистан

PhD, Associate Professor Bekzot Sabirovich Nurmetov

Head of the Department of the Institute of Information and Communication Technologies and Military Communications of the Republic of Uzbekistan

Sirojiddin Shavkatovich Khushnudov

Head of Cycle of the Institute of Information and Communication Technologies and Military Communications of the Republic of Uzbekistan

Muzaffarkhon Muboshirkhonovich Sultonov

Senior Lecturer of the Institute of Information and Communication Technologies and Military Communications of the Republic of Uzbekistan

Аннотация: в данной статье рассматривается модель и алгоритм функционирования индивидуальных тренажеров, на основе, которой планируется спроектировать учебно-тренировочный комплекс ЗРК малой дальности, предназначенного для подготовки операторов зенитного ракетного комплекса. Приведены состав и предназначение элементов создаваемой модели и алгоритма. Сформулированы основные навыки, получаемые операторами боевого расчета ЗРК малой дальности в процессе обучения. Проектные решения, реализованные в данной модели ЗРК малой дальности, в настоящее время продуктивно используются в разрабатываемом проекте тренажера зенитного ракетного комплекса в целом.

Ключевые слова: ЗРК, тренажер, зенитная управляемая ракета, ЛТЦ, оператор, РЛС ЦУ, РЛСН.

Abstract: *This article examines the model and operating algorithm of individual simulators, on the basis of which it is planned to design a training complex for a short-range surface-to-air missile (SAM) system intended for training SAM operators. The composition and purpose of the elements of the developed model and algorithm are presented. The main skills acquired by combat crew operators of short-range SAM systems during the training process are formulated. The design solutions implemented in this short-range SAM model are currently being effectively used in the ongoing development of the overall surface-to-air missile system simulator.*

Keywords: *SAM system, simulator, surface-to-air guided missile, LTC, operator, target designation radar (TDR), tracking radar (TR).*

Существующие в настоящее время модели и алгоритмы функционирования индивидуальных тренажеров подготовки специалистов зенитного ракетного комплекса который целесообразно использовать и в групповом тренажере. Но эти модели и алгоритмы необходимо дополнить моделями, описывающими групповую работу специалистов зенитного ракетного комплекса при решении ими совместных боевых задач. Причем, указанные модели должны обеспечивать возможность имитации в реальном масштабе времени скоротечных, многофакторных и многозадачных боевых действия при отражении воздушного нападения.

Описание процесса взаимодействия зенитного ракетного комплекса при решении ими совместных боевых или учебно-тренировочных задач (УТЗ), требует введения абсолютной (общей для всех объектов и субъектов, участвующих в решении данной задачи) системы координат. Пренебрегая кривизной Земли, что вполне допустимо, учитывая как дальности визуального обнаружения целей операторами боевого расчета в условиях хорошей электронной и оптической видимости, так и максимальные дальности полета целей противника относительно зенитного ракетного комплекса (ЗРК), введем, в качестве абсолютной системы координат, систему $OXYZ$ (рис.1), направление осей которой выберем таким, как в часто используемой для решения навигационных задач, географической системе координат, то есть:

ось X будет направлена на север;

ось Y будет направлена вверх;

ось Z будет направлена на восток.

Положение точки O не имеет принципиального значения, и ее положение может меняться при моделировании различных боевых задач.

В общем случае, в решении УТЗ будет участвовать n целей и m боевой расчет зенитного ракетного комплекса. С каждой j -той целью T_j (где $j=1 \dots n$) связана система координат $O_{T_j} X_{T_j} Y_{T_j} Z_{T_j}$, начало которой O_{T_j} совпадает условным (виртуальным) с центром масс цели, а оси направлены следующим образом:

ось X_{T_j} совпадает с продольной осью цели и направлена к ее носу;

ось Y_{T_j} направлена вверх, перпендикулярно плоскости $O_{T_j} X_{T_j} Z_{T_j}$;

ось Z_{T_j} совпадает с поперечной осью цели и направлена вправо.

Тогда, в любой момент времени положение j -той цели T_j относительно абсолютной системы координат $OXYZ$ будет определяться: тремя линейными координатами x_{T_j} , y_{T_j} , и z_{T_j} , характеризующими смещение точки O_{T_j} относительно точки O , то есть радиус вектором $\vec{r}_{T_j O}$;

тремя угловыми координатами ψ_{T_j} – курсом, ϑ_{T_j} – тангажом, и γ_{T_j} – креном, характеризующими поворот связанной с целью системы координат $O_{T_j} X_{T_j} Y_{T_j} Z_{T_j}$ относительно абсолютной $OXYZ$.

Соответственно движется относительно абсолютной $OXYZ$ системы координат с некой скоростью U_{T_j} , имеющей, в общем случае, шесть составляющих, характеризующих изменения ее линейных и угловых координат.

Будем считать, что каждая j -тая цель T_j может быть постановщиком нескольких ЛТЦ FT_{jf} , (где... $f=1 \dots nf$). Так как угловое положение ЛТЦ не является принципиальным, то ее положение относительно абсолютной системы координат $OXYZ$ будет определяться только тремя линейными координатами $x_{FT_{jf}}$, $y_{FT_{jf}}$, и $z_{FT_{jf}}$, характеризующими ее смещение относительно точки O (или радиус вектором $\vec{r}_{FT_{jf} O}$), а ее скорость относительно этой системы координат будет определяться величиной $U_{FT_{jf}}$, имеющей, в общем случае, три составляющие, характеризующие изменения линейных координат. Наблюдение за боевой обстановкой и распределение целей между операторами боевого расчета осуществляет начальник боевого расчета C , с которым связана система координат $O_C X_C Y_C Z_C$. В общем случае начальник боевого расчета по условиям УТЗ может находиться в на рабочем месте (например, при отражении налета на движущуюся колонну). В этом случае начало координат CO совпадает условным (виртуальным) с центром масс транспортного средства на котором перемещается начальник боевого расчета, а оси системы координат направлены следующим образом:

ось C_x совпадает с продольной осью и направлена к ее переднему капоту;

ось C_y направлена вверх, перпендикулярно плоскости $O_C X_C Z_C$;

ось C_z совпадает с поперечной осью транспортного средства и направлена вправо.

Если считать, что перемещения начальника боевого расчета относительно технического средства исключены, то в любой момент времени положение начальника боевого расчета относительно абсолютной системы координат $OXYZ$ будет определяться по рисунок.

три линейными координатами x_C , y_C , и z_C , характеризующими смещение точки O_C относительно точки O , то есть радиус вектором \vec{r}_{OC} ;

три угловыми координатами ψ_C , ϑ_C , и γ_C , характеризующими поворот оптического прибора, то есть связанной с ним системы координат $O_C X_C Y_C Z_C$, относительно абсолютной $OXYZ$ системы координат.

Начальник боевого расчета выполняет работу относительно абсолютной $OXYZ$ системы координат с некой скоростью U_C , имеющей, в общем случае, шесть составляющих, характеризующих изменения его линейных и угловых координат. Если по условиям УТЗ начальник боевого расчета не перемещается, то оси, связанной с ним системы координат $O_C X_C Y_C Z_C$, параллельны осям абсолютной системы координат $OXYZ$, но смещены относительно ее начала на фиксированные величины x_C , y_C , и z_C .

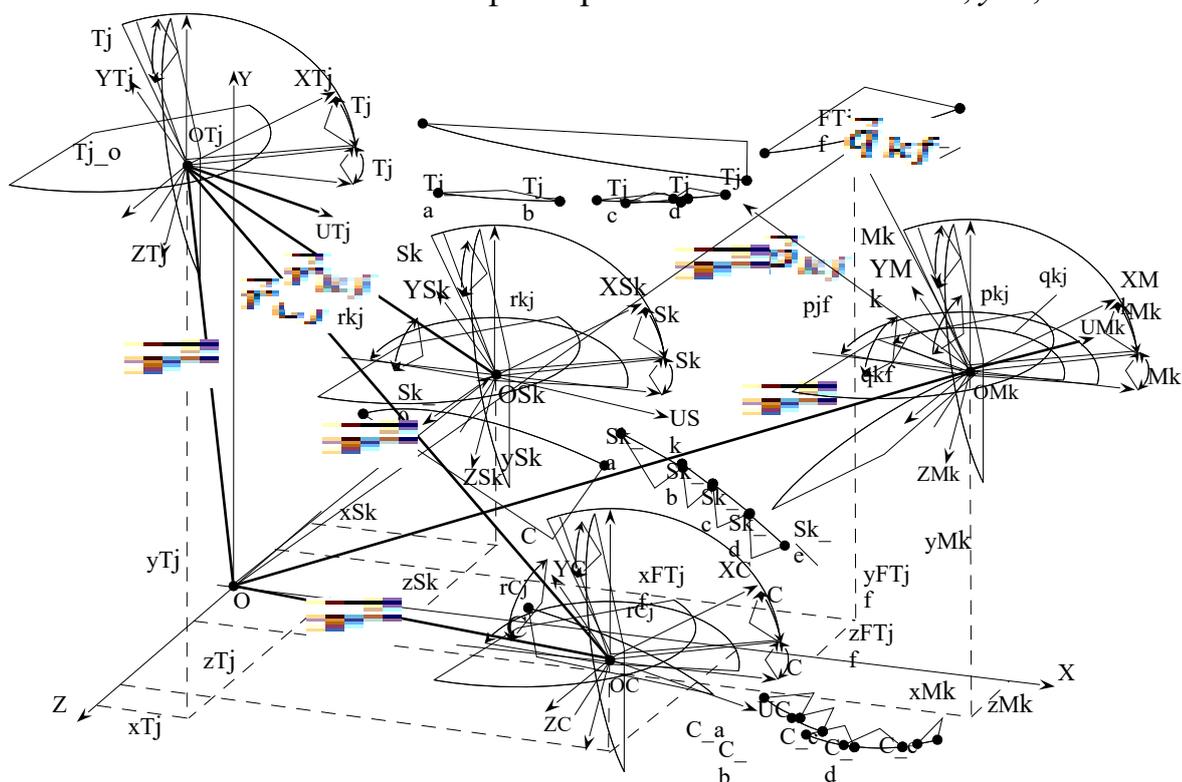


Рис.1. Физическая модель обобщенной групповой учебно-боевой задачи

Взаимное положение j -той цели T_j и оператора боевого расчета зенитного ракетного комплекса будет определяться вектором r_{Cj} ,

соединяющим начала систем координат $O_C X_C Y_C Z_C$ и $O_{T_j} X_{T_j} Y_{T_j} Z_{T_j}$. Отметим, что именно по этому вектору должны ориентироваться приборы наблюдения (при их наличии) или взгляд командира отделения (при отсутствии приборов), а также ось прицельного устройств ЗРК, которым располагает начальник боевого расчета. Угловое положение этого вектора относительно абсолютной системы координат определяется углами пеленга $-\alpha r_{Cj}$ и высоты $-\beta r_{Cj}$.

С каждым k -тым стрелком-зенитного ракетного комплекса S_k (где $k = 1 \dots (m-1)$), связана система координат $O_{S_k} X_{S_k} Y_{S_k} Z_{S_k}$. В общем случае каждый оператор-зенитного ракетного комплекса может находиться в движении. В этом случае начало координат O_{S_k} совпадает условным (виртуальным) с центром масс транспортного средства на котором перемещается k -тый оператор зенитного ракетного комплекса S_k , а оси системы координат направлены следующим образом:

ось X_{S_k} совпадает с продольной осью и направлена к ее переднему капоту;

ось Y_{S_k} направлена вверх, перпендикулярно плоскости $O_C X_C Z_C$;

ось Z_{S_k} совпадает с поперечной осью транспортного средства и направлена вправо.

Если считать, что перемещения оператора-зенитного ракетного комплекса относительно транспортного средства исключены, то в любой момент времени его положение относительно абсолютной системы координат $OXYZ$ будет определяться:

тремя линейными координатами x_{S_k} , y_{S_k} , и z_{S_k} , характеризующими смещение точки O_{S_k} относительно точки O , то есть радиус вектором $r_{O S_k}$;

тремя угловыми координатами ψ_{S_k} , ϑ_{S_k} , и γ_{S_k} , характеризующими поворот прицельного устройства пускового контейнера ЗРК, то есть связанной с ним системы координат $O_{S_k} X_{S_k} Y_{S_k} Z_{S_k}$, относительно абсолютной $OXYZ$ системы координат.

Соответственно каждый k -тый оператор зенитного ракетного комплекса S_k движется относительно абсолютной $OXYZ$ системы координат с некой скоростью U_{S_k} , имеющей, в общем случае, шесть составляющих, характеризующих изменения его линейных и угловых координат. Если по условиям УТЗ k -тый оператор зенитного ракетного комплекса S_k не перемещается, то оси, связанной с ним системы координат $O_{S_k} X_{S_k} Y_{S_k} Z_{S_k}$, параллельны осям абсолютной системы координат $OXYZ$, но смещены относительно ее начала на фиксированные величины x_{S_k} , y_{S_k} , и z_{S_k} .

Взаимное положение j -той цели T_j и k -того оператора зенитного ракетного комплекса S_k будет определяться вектором \vec{r}_{kj} , соединяющим

начала систем координат $O_{Sk} X_{Sk} Y_{Sk} Z_{Sk}$ и $O_{Tj} X_{Tj} Y_{Tj} Z_{Tj}$. И именно по этому вектору должна ориентироваться ось прицельного устройств ЗРК, которым располагает данный оператор зенитного ракетного комплекса. Угловое положение этого вектора относительно абсолютной системы координат определяется углами пеленга – αr_{kj} и высоты – βr_{kj} .

Если считать, что в процессе выполнения Если считать, что в процессе выполнения упражнения каждый оператор зенитного ракетного комплекса производит выстрел только одной ракетой, то с каждой k -ой зенитной ракетой M_k (где $k= 1... m$), связана система координат $O_{Mk} X_{Mk} Y_{Mk} Z_{Mk}$, начало которой O_{Mk} совпадает с центром масс ракеты, а оси направлены следующим образом:

ось X_{Mk} совпадает с продольной осью ракеты и направлена к ее носу;

ось Y_{Mk} направлена вверх, перпендикулярно плоскости $O_{Mk} X_{Mk} Z_{Mk}$;

ось Z_{Mk} совпадает с поперечной осью ракеты и направлена вправо.

Тогда, в любой момент времени положение k -той ракеты M_k относительно абсолютной системы координат $OXYZ$ будет определяться:

тремя линейными координатами xM_k , yM_k , и zM_k , характеризующими смещение точки M_k относительно точки O , то есть радиус вектором $\vec{r}_{O_{Mk}}$;

тремя угловыми координатами ψM_k , ϑM_k , и γM_k , характеризующими поворот ракеты, то есть связанной с ней системы координат $O_{Mk} X_{Mk} Y_{Mk} Z_{Mk}$, относительно абсолютной $OXYZ$ системы координат.

Соответственно каждая k -тая зенитная ракета M_k движется относительно абсолютной $OXYZ$ системы координат с некой скоростью U_{Mk} , имеющей, в общем случае, шесть составляющих, характеризующих изменения его линейных и угловых координат.

Взаимное положение j -той цели T_j и k -той ракеты M_k будет определяться вектором \vec{p}_{kj} , соединяющим начала систем координат $O_{Mk} X_{Mk} Y_{Mk} Z_{Mk}$ и $O_{Tj} X_{Tj} Y_{Tj} Z_{Tj}$. Угловое положение этого вектора относительно абсолютной системы координат определяется углами пеленга - αp_{kj} и высоты - βp_{kj} .

Взаимное положение ЛТЦ FT_{jf} , и k -той ракеты M_k будет определяться вектором \vec{q}_{kif} , соединяющим начало систем координат $O_{Mk} X_{Mk} Y_{Mk} Z_{Mk}$ с точкой FT_{jf} . Угловое положение этого вектора относительно абсолютной системы координат определяется углами пеленга – αq_{kif} и высоты – βq_{kif} .

Отметим, что, как правило, функции командира боевого расчета выполняет один из должностных лиц боевого расчета зенитных ракетных дивизионов, поэтому, все приведенные рассуждения как по действию S_k оператора зенитных ракетных дивизионов, так и относительно k -той ракеты M_k , выпущенной оператором зенитных ракетных дивизионом S_k , справедливы

и для действий как командира отделения, так и для выпущенной им ракеты, причем будем считать, что для этой ракеты $k = m$.

Выполнение УТЗ начинается в момент времени $t_0 = 0$, когда все объекты находятся в исходных положениях: T_{j_0} , C_0 , S_{k_0} соответственно, в зависимости от начальных условий УТЗ. При этом:

положение k -той ракеты M_{k_0} всегда совпадает с положением k -того оператора-зенитного ракетного комплекса S_{k_0} ;

положение любых двух стрелков-зенитного ракетного комплекса может, как совпадать (например, при их движении в одном транспортном средстве), так и быть различным; положение одного из стрелков-зенитного ракетного комплекса S_k и командира отделения C может, как совпадать (например, при их движении в одном транспортном средстве, а также в случае когда функции командира отделения выполняет один из стрелков-зенитного ракетного комплекса), так и быть различным; положение любых двух целей всегда различно, но их пеленги относительно любого k -того оператора-зенитного ракетного комплекса S_k или командира отделения C могут совпадать. Начиная с момента времени $t = 0+$, все объекты, кроме ЛТЦ, движутся с соответствующими скоростями. При этом как начальник боевого расчета, так и каждый оператор-зенитного ракетного комплекса ведут наблюдение за отведенными им (либо командиром отделения, либо условиями УТЗ) секторами пространства.

Будем считать, что:

в момент времени $t = t_{a_j}$ происходит обнаружение j -той цели T_j командиром отделения либо одним из стрелков зенитного ракетного комплекса;

в момент времени $t = t_{b_{kj}} > t_{a_j}$ происходит распределение целей между операторами боевого расчета, то есть j -тая цель T_j назначается для уничтожения одному или нескольким k -тым операторам-зенитного ракетного комплекса S_k . В зависимости от условий поставленной УТЗ, распределение целей между операторами боевого расчета происходит либо по команде командира отделения, либо стрелки-зенитного ракетного комплекса самостоятельно распределяют цели между собой. Под распределением целей будем понимать передачу им информации о координатах цели, либо в системе координат $OXYZ$: xT_j , yT_j , zT_j , либо относительно (истинного или предполагаемого) положения j -того оператора-зенитного ракетного комплекса (то есть путем сообщения информации об углах пеленга – αr_{kj} и высоты – βr_{kj}). Причем, информация о координатах цели может передаваться с ошибками $\Delta_b xT_j$, $\Delta_b yT_j$, $\Delta_b zT_j$, $\Delta_b \alpha T_j$ и $\Delta_b \beta T_j$. Информация о дальности до цели не является принципиальной, так, как

стрелки-зенитного ракетного комплекса не имеют дальномеров и осуществляют поиск в заданной области пространства на дальностях позволяющих уверенно визуализировать цели при соответствующих погодных условиях. В общем случае $t_{b_{kj}} \neq t_{b_{(k+1)j}}$, то есть назначение (переназначение) j -той цели T_j другому $(k+1)$ -му стрелку-зенитного ракетного комплексу $S_{(k+1)}$ возможно в любой момент времени до окончания решения УТЗ. Критерием успешности распределения целей между операторами-операторами боевого расчета будет одновременное выполнение следующих условий:

$$\Delta_{bx}T_j \leq \Delta_{bx}^*T_j, \Delta_{by}T_j \leq \Delta_{by}^*T_j, \Delta_{bz}T_j \leq \Delta_{bz}^*T_j, \text{ или } \Delta_b \alpha r_{kj} \leq \Delta_b^* \alpha r_{kj}, \Delta_b \beta r_{kj} \leq \Delta_b^* \beta r_{kj},$$

$$\text{и } 1 \leq M \leq m \text{ при } m > n, \text{ или } M = n \text{ при } m \leq n,$$

где: Δ_b^* - допустимая погрешность определения и передачи соответствующих координат (определяется особенностями решаемой УТЗ, и может быть различной для различных типов воздушных целей);

M – количество стрелков-зенитного ракетного комплекса (из общего числа участвующих в решении УТЗ) которым назначены цели.

в момент времени $t = t_{c_{kj}} > t_{b_{kj}}$ происходит визуализация цели стрелком-зенитного ракетного комплекса, ее захват прицельным устройством пускового контейнера ЗРК и сопровождение. То есть с момента времени $t \geq t_{c_{kj}}$ начинаются все процедуры, необходимые для пуска ракеты. Отметим, что при $m > n$ действия по назначению цели $(k+1)$ -му стрелку-зенитного ракетного комплексу $S_{(k+1)}$ и визуализация цели k -тым стрелком-зенитного ракетного комплекса S_k связаны между собой опосредовано, то не исключена ситуация, когда $t_{c_{kj}} < t_{b_{(k+1)j}}$. В общем случае процедура захвата цели выполняется стрелком-зенитного ракетного комплекса с некоторыми ошибками $\Delta_c \alpha r_{kj}$, и $\Delta_c \beta r_{kj}$, тогда критерием успешности захвата цели будет одновременное выполнение условий:

$$\Delta_c \alpha r_{kj} \leq \Delta_c^* \alpha r_{kj} \text{ и } \Delta_c \beta r_{kj} \leq \Delta_c^* \beta r_{kj} \text{ при } \Delta_c \phi_{kr_{kj}} \leq \Delta_c^* \phi_{kr_{kj}},$$

где: $\Delta_c^* \alpha r_{kj}$ и $\Delta_c^* \beta r_{kj}$ – допустимая погрешность захвата j -той цели T_j , то есть допустимое отклонение марки цели от продольной оси прицельного устройства пускового контейнера ЗРК (определяется особенностями решаемой УТЗ, и может быть различной для различных типов воздушных целей); $\Delta_c^* \phi_{kr_{kj}}$ – допустимый поворот относительно своей продольной оси прицельного устройства пускового контейнера ЗРК (определяется особенностями конструкции и эксплуатации конкретного типа ЗРК).

в момент времени $t = t_{d_{kj}} > t_{c_{kj}}$ происходит пуск k -тым стрелком-зенитного ракетного комплекса S_k k -той ракеты M_k по j -той цели T_j . С этого момента ракета движется к цели в соответствии с заложенным в ней

законом наведения и никто из обучающихся (ни стрелки-зенитного ракетного комплекса, ни начальник боевого расчета) уже не может повлиять на это движение. Критериями поражения цели будет выполнение следующих условий:

$$\vec{p}_{kj} \leq p_{kj}^* \text{ при } (t - t_{d_{kj}}) \leq t_{e_{k}}^*,$$

где: p_{kj}^* – радиус срабатывания радио взрывателя боевой части k -той ракеты M_k , обеспечивающий гарантированное уничтожение j -той цели T_j (определяется особенностями решаемой УТЗ, и может быть различным для различных типов воздушных целей и используемых ЗРК); $t_{e_{k}}^*$ – максимально допустимое время функционирования k -той ракеты M_k после ее пуска (определяется особенностями решаемой УТЗ, и может быть различным для различных ЗРК);

Любая FT_{jf} начинает свое движение в момент времени t_{jf_0} , который определяется решаемой на тренажере задачей и ни как не связан с действиями стрелков-зенитного ракетного комплекса, и заканчивает это движение в момент времени t_{jf_e} , который определяется временем функционирования ЛТЦ. Возможны следующие ситуации, приводящие к промаху ракеты:

захват k -той ракетой M_k ложной цели FT_{jf} . Для этого должны произойти два события:

уменьшение угла δ_{kif} между векторами \vec{p}_{kj} и \vec{q}_{kif} до критической величины δ_{kif}^* , то есть $\delta_{kif} \leq \delta_{kif}^*$;

захват ГСН ракеты ложной цели, который моделируется групповым тренажером с заданной вероятностью, аналогично тому, как это происходит в индивидуальном тренажере; захват k -той ракетой M_k факела работающей двигательной установки $k1$ -ой ракеты M_{k1} (при $k \neq k1$). Для этого должны произойти два события:

уменьшение угла ε_{kk1} между векторами \vec{p}_{kj} и \vec{p}_{kj1} до критической величины ε_{kk1}^* , то есть $\varepsilon_{kk1} \leq \varepsilon_{kk1}^*$;

захват ГСН ракеты в качестве ложной цели факела двигательной установки другой ракеты, который моделируется групповым тренажером с заданной вероятностью.

Таким образом, поражение или промах по j -той цели T_j k -той ракеты M_k , выпущенной k -тым оператором зенитного ракетного комплекса S_k , определяется его действиями и действиями командира подразделения в промежутке времени $t = t_0 \dots t_{d_{kj}}$. Однако, учитывая, что при групповом обучении типовой будет являться ситуация, когда j -тая цель T_j переназначается другому $(k+1)$ -му подразделению зенитного ракетного комплекса $S_{(k+1)}$ (или команда на пуск ракеты поступает этому

оператору зенитного ракетного комплекса, в случае если j -тая цель T_j им уже захвачена и взята на сопровождение) после очевидного (с субъективной точки зрения командира отделения) промаха k -той ракеты M_k , выпущенной k -тым оператором зенитного ракетного комплекса S_k , то в общем случае $t_{d_{kj}} < t_{b_{(k+1)j}}$. Поэтому при организации процесса обучения, целесообразно обеспечить наблюдение и визуализацию: сопровождение j -той цели T_j до завершения решения УТЗ; полета k -той ракеты M_k до момента времени $t = t_{d_{kj}} + t_{e_{k}}^*$.

Приведенная физическая модель достаточно полно отражает взаимодействие между собой всех объектов, задаваемых условиями УТЗ, и может быть положена в основу разработки соответствующих математических моделей.

Заключение

В данной статье разработана и подробно рассмотрена физическая модель и алгоритм функционирования индивидуальных тренажеров для подготовки боевого состава зенитного ракетного комплекса малой дальности. Предложенный подход позволяет формализовать процессы обнаружения, распределения, сопровождения и поражения воздушных целей в рамках учебно-тренировочных задач с учетом реальных условий боевой обстановки.

Построение модели на основе единой абсолютной системы координат OXYZ обеспечивает корректное описание пространственно-временного взаимодействия всех объектов тренажера, включая цели, операторов боевого расчета, командира подразделения, зенитные управляемые ракеты и ложные тепловые цели. Это позволяет адекватно имитировать скоротечные, многофакторные и многозадачные процессы отражения воздушного нападения в реальном масштабе времени.

Разработанный алгоритм функционирования индивидуальных тренажеров обеспечивает формирование у операторов боевого расчета ключевых профессиональных навыков, включая обнаружение и визуализацию целей, их захват и сопровождение, принятие решений о пуске ракеты, а также оценку результатов стрельбы. Особое внимание уделено моделированию ошибок оператора и влиянию помеховой обстановки, что повышает реалистичность обучения.

Предложенные проектные решения могут быть использованы в качестве основы для создания как индивидуальных, так и групповых тренажеров зенитных ракетных комплексов. Разработанная физическая модель является универсальной и может быть положена в основу дальнейшего построения математических и имитационных моделей, а также интеграции тренажеров в

состав комплексных учебно-тренировочных систем для подготовки специалистов зенитно-ракетных войск ПВО.

Литература:

1. Новиков В.Н., Авхимович Б.М., Вейтин В.Е. Основы устройства и конструирования летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1991. 368 с.

2. Авдонин А.С., Фигуровский В.И. Расчет на прочность летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1985. 439 с.

3. Голубев И.С., Самарин А.В. Проектирование конструкций летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1991. 511 с.

4. Лебедев А.А., Чернобровкин Л.С. Динамика полета беспилотных летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1973. 616 с.

5. Соколовский Г.А. Проектирование управляемых ракет класса «воздух-воздух» (теория, конструкция, технология, испытания, экономика, техника безопасности) в 2-х частях: учебное пособие. М.: Изд-во ГосМКБ «Вымпел», 2005.